UEBER DEN EINFLUSS DER NERVEN

AUF DIE

PIGMENTZELLEN DES FROSCHES.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER MEDICINISCHEN DOCTORWÜRDE

AN DER

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU STRASSBURG I. E.

VON

E. H. BIMMERMANN

AUS AMSTERDAM.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät zu Strassburg im Elsass.

Referent: Professor Dr. Goltz.

STRASSBURG.

BUCHDRUCKEREI VON J. SCHNEIDER.

1878.

UEBER DEN EINFLUSS DER NERVEN

AUF DIE

PIGMENTZELLEN DES FROSCHES.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER MEDICINISCHEN DOCTORWÜRDE

AN DER

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU STRASSBURG I. E.

VON

E. H. BIMMERMANN

AUS AMSTERDAM.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät zu Strassburg im Elsass.

Referent: Professor Dr. Goltz.

STRASSBURG.

BUCHDRUCKEREI VON J. SCHNEIDER.

1878.

MEINEN ELTERN IN INNIGER LIEBE

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547015_0053

Ueber den Einfluss der Nerven auf die Pigmentzellen des Frosches

Arbeit ausgeführt im physiol. Laboratorium

zu **Strassburg i. E.**

LITTERATUR.

1. W. Vrolyk: Natuuer- en ontleedk. opmerkingen over den Chamaelon (1827).
2. J. van der Hoeven: Icones ad illustrandas coloris mutationes in Chamaeleonte. Lugd. Bat. 1831. 11°.
3. Brücke: Ueber den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons (1852).
4. R. Wagner: Ueber das Farbenspiel, den Bau der Chromatophoren und das Athmen der Cephalopoden. R. Wagner in Isis (1833).
5. R. Wagner: Ueber die merkwürdige Bewegung der Farbezellen der Caphalopoden und über eine muthmasslich neue Reihe von Bewegungserscheinungen in der organischen Natur in Wiegemann's Archiv 1841.
6. Kölliker: Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden. Zürich 1844.
7. Dr. von Wittich in Müllers Archiv 1854: Die grüne Farbe der Haut unsrer Frösche, ihre physiol. und pathol. Veränderungen.
8. Harless. Ztschrft. f. wissensch. Zooi. Bd. V. Ueber die Chromatophoren des Frosches.
9. Virchows Archiv 1854. 1. Virchow: Chromatophoren beim Frosch. 2. Lothar Meier: Ueber die Abhängigkeit der Gefässe und Pigmentzellen vom Nerveneinfluss.
10. J. Lister: London philosoph. transactions (1858).
11. M. G. Pouchet im Journal de l'anatomie et de physiologie publié par C. Robin (1872). „Du role des nerfs dans les changements de coloration de poissons.

Es war schon längst eine bekannte Thatsache, dass manche Thiere unter gewissen Umständen ihre Hautfarbe ändern können, und schon Aristoteles und Plinius wussten dies vom Chamaeleon und Octopus. Ueber die Ursachen war frucht-

los hin und her gestritten worden, die wunderlichsten Theorien waren verkündet (so z. B. die von Hasselquist, dass das Chamaeleon ursprünglich schwarz sei, es habe jedoch eine grosse Disposition zum Icterus, was sein Gelbwerden bedinge); bis zuerst W. Vrolik (1827) dieses Phänomen beim Chamaeleon einem besonderen Einflusse des Lichtes zuschrieb. Er glaubte, dass das Blut ebenfalls dabei betheiligt sei, da gerade die Hauptstellen, welche während des Lebens am intensivsten gefärbt seien, an ihrer Innenfläche mit einer sehr reichen Gefässschicht versehen seien.

Nach Vrolik suchte van der Hoeven den Farbenwechsel aus Veränderungen der Pigmentzellen der Haut zu erklären und sprach sich zugleich gegen eine Theorie früherer Autoren aus, wonach der Farbenwechsel aus einem verschiedenen Füllungszustande der Lungen erklärt wurde.

Milne Edwards ging weiter, er nahm zwei Pigmentfarben an und untersuchte den Einfluss des Lichtes auf dieselben und kommt zu dem Resultate, dass der Farbenwechsel „dépend d'un déplacement dans le pigment de la couche profonde." Als einen zweiten Factor nimmt er (beim Chamaeleon) die Wärme an: „ayant posé l'animal sur un marbre un peu froid, je vis ces taches se rétrécir considérablement et dans certains endroits disparaître complètement." Als er Alcohol auf die Haut eines eben abgestorbenen Thieres applicirte, sah er die schwärzliche Farbe ganz verschwinden.

Es war jedoch Brücke vorbehalten, unsere Kenntniss in Betreff des Farbenwechsels bei Thieren im höchsten Grade zu bereichern und zwar durch seine so berühmt gewordene Arbeit „Ueber den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons" (1852).

Auch er hob den Einfluss des Lichtes hervor und lenkte zuerst unsere Aufmerksamkeit auf den Einfluss des Nervensystems auf den Farbenwechsel.

Nach Brücke ist das Pigment ursprünglich in Zellen abgelagert, deren Fortsätze sich zwischen andere Zellen drängen und durch das Wachsthum derselben verschleppt werden. Er behauptet, dass die verschiedenen Farbennüancen durch Supra- und Juxtaposition der beiden Milne-Edward'schen Pigmente

entstehen; er fasst sie also als Interferenzerscheinungen auf, ähnlich wie eine blaue Iris gar kein blaues Pigment enthalte, sondern nur schwarzes, vor welchem letztern jedoch ihr durchscheinendes Gewebe ausgebreitet ist.

Wenn er ein Chamaeleon in einen dunkeln Raum setzte, sah er es blass, hellfarbig werden; dagegen erhielt es den höchsten Grad der Dunkelheit, wenn es sich behaglich sonnte. Bisweilen war es dann an der dem Lichte zugewendeten Seite fast einförmig schwarz, während die mehr beschattete Seite zugleich viel heller ward. B. vergleicht desshalb die Hautfarbe des Chamaeleons mit Chlorsilber. Sind die Thierchen erregt oder kehren sie von höchst possirlichen Raufereien untereinander zurück, so sind sie auch im Lichte ziemlich hellfarbig, weil ihr Centralnervensystem in einen erhöhten Erregungszustand versetzt ist.

Die Wärme als Factor für den Farbenwechsel negirt Brücke, Milne-Edwards gegenüber, indem ein Chamaeleon in einer Temperatur von 33,5 ° C. ebenso schnell erblasse, wie in einem andern dunkelen Raume von 16 ° C., da ferner Thiere von Strahlungen geschwärzt würden, deren erwärmende Wirkung gar nicht in Betracht komme, wie vom blossen Lichte einer Kerzenflamme.

Trennte er ein Stück Haut ab, so erschien der Lappen doch immer schwarz und zwar bleibend. B. erklärt dies aus einem durch Trennung der Hautnerven herbeigeführten Lähmungszustande, denn auch beim lebenden Thiere verhielt die Haut sich passiv gegen Lichtreiz, wenn die ihr zugehörigen Hautnerven subcutan durchrissen waren und war Nachts so dunkel wie am Tage, während das übrige Thier hell war.

Den Einfluss des Lichtes auf die Hautfarbe erklärt B. als einen Reflexvorgang, indem die sensiblen Nerven den Reiz auf das Rückenmark übertrügen und von hier aus die motorischen Hautnerven erregten. Als er nämlich die Medulla oblongata den Hals- und obern Brusttheil des Rückenmarkes mit einer Sonde zerstörte, wurden die Hautpartien, welche ihre Nerven aus diesen Theilen erhielten, sofort schwarz.

Die Verblutung des Thieres giebt nach B. in sofern

einen Reiz ab, als das Thier schwarz und gelbweiss gefleckt wird, wenn man ihm das Herz ausschneidet, und später auch die ursprünglich hellen Stellen dunkel werden.

Aehnliche Farbenveränderungen, wie beim Chamaeleon findet man auch bei den Cephalopoden, wie Sepia, Octopus vulgaris, welch letzterer schon von den Alten unter dem Namen πολυπιος seines Farbenwechsels wegen immer an die Seite des Chamaeleons gestellt wird. Bei Beiden konnte B. den Farbenwechsel hervorrufen, wenn er electrische Ströme als Hautreiz einwirken liess: beim Chamaeleon wurden durch sie der hellfarbige, beim Octopus der dunkelfarbige als der active Zustand nachgewiesen.

Viele Amphibien zeigen ein ähnliches Verhalten, wie die eben genannten Thiere, besonders die Hyla arborea, Rana esculenta und R. temporaria. Ueber den Farbenwechsel derselben haben Harless (1853), Lothar Meier 1854), Virchow (1854), Lister (1858) viele interessante Thatsachen veröffentlicht.

Harless (Ueber die Chromatophoren des Frosches; Zeitschrift für wissenschaftl. Zool. Bd. V.) sah bei electrischer Reizung umschriebener Hautstellen dieselben gelb werden, mit reichlicher Schleimabsonderung derselben; die gelben Flecken blieben Stunden lang bestehen. Bei Zerstörung von Hirn- und Rückenmark wurden fast augenblicklich das Grün des Rückens in ein schmutziges Okergelb verwandelt, Harless schliesst daraus, dass Einwirkungen welche die motorischen Nerven heftig. erregen die Pigmentzellen so schnell zu entfärben im Stande sind, ferner dass die Rückkehr der Farbe nicht von schnell sich wieder ausgleichenden Störungen oder Zustandsänderungen der Nerven abzuleiten sei, sondern nur von Ernährungsvorgängen, welche die ursprünglichen Verhältnisse wieder herstellen könnten.

Ausser dem Einflusse des Lichtes giebt H. an, dass Terpentin die Haut heller mache, sobald es zur Tiefe der Hautnerven durchdrungen sei.

Die dunkle Hautfärbung beruhe darauf, dass ein Netzwerk durch die zahlreichen Anastomosen der schwarzen Pigmentzellen gebildet in einer horizontalen Ebene in der Haut ausgebreitet

sei; durch Zerreissung dieses Netzwerkes werde die Hautfarbe hell. Harless will selbst beobachtet haben, dass dabei die Ausläufer der Pigmentzellen ihren Inhalt gegen den centralen Zellenraum hin entleerten. Er hält die Ansicht für möglich, dass die Zellen sich auf Nervenreiz contrahiren könnten, indem es sicher sei, dass Nerven in die Pigmentschicht eintreten.

von Wittich in Königsberg hat zu seiner Arbeit vorzugsweise Hyla arborea benutzt und der oft ungemein schnell folgende Farbenwechsel hat ihn dazu veranlasst die Bedingungen festzustellen, unter denen derartige Veränderungen erfolgen, sowie die Veränderungen kennen zu lernen, die hierbei mit dem Hautpigment vorgehen. Das Zustandekommen der grünen Hautfarbe erklärt er aus dem Verhalten der drei übereinander liegenden Schichten (Epithel, gelbe Pigmentschicht, dunkle Pigmentschicht). Der Perlmutterschiller in den weissen Hautpartien, sowie der Metallglanz der Iris rührt ohne Zweifel von Interferenzzellen her.

v. W. führt auch bei den Fröschen die Farbennüancen theilweise auf einen Einfluss des Lichtes zurück, wie Brücke für das Chamaeleon.

Eine hellgrüne Rana esculenta längere Zeit gegen alles Licht vollkommen abgeschlossen, wird vollkommen blattgrün und nur wenige Zeit hellen Tageslichtes oder Kerzenlichtes reichen hin, ihn wieder erbleichen zu machen. Dass eben die Lichtstrahlen der Sonne, nicht ihre Wärmestrahlen dabei wirksam sind, geht daraus zur Genüge hervor, dass selbst das Licht des bewölkten Himmels, sowie Lampenlicht hinreicht, die Farbe heller zu machen.

Wurden die Electroden eines Inductionsapparates auf eine grüne Stelle eines lebenden Frosches gesetzt, so färbten sich die berührten Stellen sehr schnell gelb, um später allmählich wieder ins Grüne überzugehen.

v. W. konnte bei schwacher microscopischer Vergrösserung keine Gestaltveränderungen der gelben Pigmentzellen entdecken, nur schimmere mehr schwarzes Pigment zwischen den einzelnen Zellen durch bei Nachlass des Reizes.

Bei centraler Durchschneidung der Dorsalnerven und peri-

pherischer Reizung derselben sah er nie eine eclatante Farbenveränderung.

Nach Köpfung des Frosches und electrischer Reizung des Markes sah er die Haut des Rumpfes sich allmählich entfärben; wurde hierauf das Mark zerstört und der Körper so lange der Ruhe überlassen, bis die Haut wieder dunkelgrün war, so hatte sie ihre Fähigkeit sich gelb zu färben selbst nach sechs Stunden nicht verloren, sondern zeigte genau dieselben Veränderungen auf electrische Reize als vorher bei völlig ungestörtem Zusammenhang mit dem Centralnervensystem.

Brücke macht schon auf die Contractionsfähigkeit der sternförmigen Pigmentzellen in der Froschhaut aufmerksam; v. W. fand bei electrischer Reizung der ausgeschnittenen grünen Haut des Oberschenkels, dass die Pigmentkörnchen sich mehr in dem Zellenkörper zusammenballten, in den Ausläufern immer sparsamer wurden und oft ganz verschwanden, so dass er letztere kaum noch vom Nachbargewebe unterscheiden konnte. Durch diesen Versuch beweist er die Contractilität der gesternten Pigmentzellen, ferner dass die grüne Farbe keine Interferenzerscheinung sei, wie Brücke angiebt.

Durch Strychnin vergiftete Frösche wurden während des Tetanus intensiv hellgelb, gewannen dann bei Nachlass des letzteren ihre grasgrüne Farbe wieder.

Axmann sah stets Veränderung der Hautfarbe nach Durchschneidung des Ischiadicus unterhalb des Ramus communicans des Sympathicus, wenn also die Verbindung der peripherischen sympathischen Nerven mit ihrem Centrum aufgehoben war, dagegen fehlten sie, wenn der Sympathicus oberhalb des Ramus durchschnitten war, wenn also nur sein cerebrospinaler Zusammenhang aufgehoben war. v. W. sah in beiden Fällen keine Veränderung. Durchschnitt er die Ischiadicuswurzeln, so büsste auch dann die Haut ihre Fähigkeit nicht ein, ihre Farbe zu verändern.

Nach v. W. entspricht das Erbleichen der Haut einem durchaus activen Zustande der contractilen Pigmentzellen der Haut. Bei Reizung des durchschnittenen Ischiadicus wird die

Haut hellfleckig, ebenso bei mechanischer Reizung mit der Pincette.

Neben einem gewissen Grade von Abhängigkeit der Chromatophoren vom centralen Nervensystem bewahren dieselben einen hohen Grad von Unabhängigkeit, sodass nach Zerstörung des Markes, nach Durchschneidung einzelner Nervenstämme, ja selbst nach Ablösung ganzer Hautpartien dieselben fast die gleiche Empfindlichkeit gegen mechanische, electrische und Lichtreize zeigen.

von Wittig hält es für möglich, dass bei der Farbeveränderung mittelbar die in der Haut liegenden sympathischen Nerven im Spiele seien, deren eigenthümliche Anordnung einen solchen Grad von Selbstständigkeit rechtfertigen müsste. Er konnte zwar keine sympathischen Ganglien in der Froschhaut nachweisen, sondern stützt sich auf analoge Erscheinungen, wie das Pulsiren des ausgeschnittenen Froschherzens, die Contraction der Muscularis eines vom Mesenterium getrennten Darmstückes.

Lister (Philos. transactions) giebt verschiedene Zeichnungen der Pigmentzellen, wie er sie in den verschiedenen Contractionsgraden beobachtet hat; zwischen den beiden Extremen desselben, dem strahligen und zusammengeballten Zustande giebt es nach ihm noch verschiedene Uebergangsstufen, wie dotted, angular, stellate conditions of the pigment. Er glaubt ebenfalls die Concentration des Pigmentes nach dem Centrum der Zelle beobachtet zu haben. „In watching closely the occurrence of the phenomenon I have seen the granules start off suddenly from the central mass with a velocity which implied that they were under the influence of forces very different from those which cause molecular movements in them, when shed from their containing cells.“ Auch nahm er eine „central repulsive force“ an, weil er fand, dass manchmal das Centrum der Zellen farblos war, während die Fortsätze stark gefüllt seien.

Nach Durchschneidung des n. ischiadicus wurde die gelähmte Extremität erst Etwas heller, aber neun Stunden bis zwei Tage war sie dunkler, als der übrige Körper. Als L. die

Haut eines abgeschnürten und oberhalb der Ligatur durchschnittenen Schenkels untersuchte, fand er, dass die Pigmentzellen zuerst „angular," später „stellate" wurden, aber schon nach fünf Minuten hatten sie die „post mortem concentration" angenommen.

Er sah, dass ein geblendeter Frosch zuerst heller wurde, am folgenden Morgen war er viel dunkler als zuvor, trotzdem er ihn bei hellem Tageslichte auf allen Seiten mit weissen Gegenständen umgab; er blieb dunkler, ausser wenn man das sich sträubende Thier reizte. Dasselbe wie nach der Blendung geschah, wenn er den Kopf des Frosches mit einem schwarzen Lappen umwickelte. Bei Curare-Injection fand er, dass die Haut zuerst heller, später aber sehr dunkel wurde, um einige Stunden später wieder hell zu werden (post mortem concentration).

Virchow bestätigte den Axmann'schen Versuch, dass nach Durchschneidung der zum Fusse gehenden gangliospinalen Nerven nicht bloss eine macroscopische Erblassung des Pigments, sondern dass auch in den Chromatophoren der Schwimmhaut bei microscopischer Beobachtung die strahligen Ausläufer verschwänden. Das Pigment ziehe sich nach dem Centrum der Zelle zurück, während die Fortsätze als solche bestehen blieben. Der Farbenwechsel beruhe auf Gestaltveränderung und dem Ortswechsel des Pigmentes selbst.

Lothar Meier fand, dass nach Durchschneidung der rami communicantes des Sympathicus und Ischiadicus ausser einer stärkern Injection der Schwimmhaut die schwarzen Pigmentzellen langsamer und unvollständiger aus der strahligen in die Kugelform übergingen; dies geschehe durch die Einwirkung des Lichtes, denn im Finstern seien beide Beine gleich dunkel und kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt werde das unversehrte Bein heller.

Sowohl die Veränderung in den Chromatophoren als die der Gefässe trete immer ein, ob er nun den Schenkel im Zusammenhange mit dem Rückenmarke liess, oder den plexus ischiadicus an dem einen Beine oberhalb, an dem andern unterhalb des ramus communicans durchschnitt. Bei Rana temporaria ist es ihm nie gelungen durch den Inductionsstrom, den

er sowohl auf die abgelöste als die unverletzte Haut, auf die vom Rückenmark getrennten, wie mit ihm in Verbindung gebliebenen Nerven einwirken liess, irgend welche Veränderung der Pigmentzellen und der durch sie bedingten Färbung hervorzurufen, weder microscopisch noch macroscopisch, selbst nicht an Fröschen, die er vorher ihre Färbung spontan hatte ändern sehen.

M. G. Pouchet veröffentlichte 1872 im Robin'schen „Journal de l'anatomie et de physiologie" eine interessante Abhandlung über Farbenveränderungen bei Fischen, besonders bei Pleonectes maximus und Gobius.

„Certains poissons et les turbots entre autres prennent la couleur du fond, sur lequel ils vivent. Ce phénomène a son centre dans le cerveau et son point de départ dans les impressions produites sur la rétine par le milieu ambiant. Il suffit d'enlever le globe pour que les animaux perdent aussitôt cette faculté. C'est en effet ce qui arrive. Les turbots aveugles prennent une nuance intermédiaire invariable quel que soit le fond sur lequel vit l'animal."

Diese Mittelfarbe ist nach P. der Zustand der Lähmung der Chromoblasten auf der ganzen Körperfläche. Dass die Nerven die Function eines Conductors haben in dem Uebertragen des retinalen Reizes auf die Chromoblasten der Haut, beweist er durch folgenden Versuch:

Junge Fische wurden in einem Reservoir mit braunem Boden ernährt. Nach Durchschneidung des Trigeminus wurde eines der Thiere in ein „Réservoir à fond de sable" gebracht, der ganze Körper wurde blass und das Thier behielt nur eine schwarze Maske da wo die Hautnerven gelähmt waren.

Die Durchschneidung des Rückenmarkes hatte keine Farbenveränderung zur Folge, ebensowenig die der Rückennerven, wohl aber die des Sympathicus bei seinem Uebergange in den untern Wirbelcanal.

„Elle amène la paralysie immédiate de tous les chromoblastes de la peau en arrière de ce point." Das Thier bleibt, während der zwei bis drei Tage, welche es noch nach der Operation lebt, halb weiss, halb schwarz. Vergleichende Durch-

schneidungsversuche an dem nervus und der arteria submaxillaris zeigen „que les cordons nerveux et non les nerfs qui peuvent accompagner les vaisseaux sont les véritables régulateurs de la fonction". Die Paralyse der Chromoblasten nach der Durchschneidung der Nerven persistirte noch eine unbestimmte Zeit, sie war noch nach mehreren Wochen sichtbar.

Toxische Substanzen (Curare, Strychnin, Santonin, u. s. w.) hatten keinen besondern Einfluss auf die Function, wohl aber die Gewohnheiten des Thieres. Hatte es drei bis sechs Tage auf dem Sande gelebt und wurde es dann in ein braunes Reservoir transportirt, so hatte es vier Tage nöthig, um diesen Farbenton anzunehmen, im Sande erhält es seine Farbe wieder, aber jetzt wird es in einem braunen Reservoir schon in zwei Stunden braun.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Goltz habe ich diese Versuche weitergeführt und glaube mit der Fortsetzung derselben einige Lücken, welche noch übrig geblieben waren, ausgefüllt zu haben.

Stellt man einfache Beobachtungen bei Hyla arborea an, so sieht man dessen schön grüne Hautfarbe sich unter verschiedenen Einflüssen schnell und auffallend deutlich ändern in allen Nuancen vom Dunkelolivengrün bis zum Orangengelb. Bei fast keiner andern Froschart kann man so gut den Einfluss des Lichtes, sowie verschiedener anderer Reize auf die Hautfarbe studiren, wie gerade bei dieser. Wenn ich nicht alle Experimente an dieser Species anstellte, so lag dies daran, dass ich nur weniger Exemplare habhaft werden konnte und musste ich für die meisten Versuche Rana esculenta benutzen *). Der Einfluss des Lichtes wurde zunächst verfolgt und hierdurch wurden die Resultate früherer Untersuchungen bestätigt.

Versuch α. Zwei hellgrüne Laubfrösche werden unter eine Drahtglocke gesetzt, welche ganz mit schwarzem Papier umgeben war. Nach zwei Stunden sind beide dunkelolivengrün geworden.

*) Die Versuche wurden bei den Wasserfröschen wenigstens 5—6 mal wiederholt.

Werden sie jetzt wieder diffusem Tageslichte ausgesetzt, so haben sie bald wieder ihre hellgrüne Farbe angenommen.

Dieser Versuch beweist, dass das Licht einen Reiz abgiebt, welcher die Hautfarbe ändern kann; er lässt uns jedoch im Unklaren, auf welche Weise der Reiz des Lichtes seine Wirkung ausübt, entweder dadurch, dass er die Retina trifft und von hier nach dem Gehirn geleitet wird, wo nach Pouchet bei manchen Fischen (Pleonectes Gobius) das regulatorische Centrum für den Farbenwechsel der Haut liegt, oder dadurch, dass er direct die Hautfarbe beeinflusst.

Versuch β. Ein dunkelgrüner Laubfrosch *a*, welcher die Nacht unter der schwarzen Drahtglocke zugebracht, wird mit einem hellgrünen *b*, dessen beide bulbi ausgebrannt waren, diffusem Tageslichte ausgesetzt. Der geblendete nimmt eine indifferente Haltung gegen das Licht an, während der andere in der Glasglocke immer sich so setzt, dass seine Bauchfläche dem Lichte zugekehrt ist.

Als Frosch *a* soviel heller geworden war, dass er dieselbe Farbe als der geblendete *b* hatte, wurden beide unter die schwarze Drahtglocke gesetzt; nach einigen Stunden waren beide dunkelolivengrün geworden, ins Licht gebracht wurden beide bald wieder hellgrün.

Wurde bei einem dritten Laubfrosche *c* beide bulbi ganz exstirpirt, so wurde auch dieser im Finstern dunkel, im Tageslichte hell.

Hieraus kann man schliessen, dass es nicht der retinale Reiz des Lichtes ist, welcher den Farbenwechsel hervorruft, wie Pouchet es für manche Fische angiebt, sondern dass das Licht als unmittelbarer Reiz auf die Haut selbst einwirkt.

Der Versuch widerspricht geradezu dem Lister's, welcher nach vollkommener Blendung die dunkle Farbe nicht mehr in eine helle übergehen sah, trotzdem der Frosch hellem Tageslichte ausgesetzt und überall mit weissen Gegenständen umgeben war.

In welcher Weise das Licht hier einwirkt, ob es wie auf Chlorsilber in der Haut chemische Processe hervorruft, welche direct oder reflectorisch den Farbenwechsel hervorrufen, oder

ob es die Pigmentzellen als solche direct reizt, darüber giebt der folgende Versuch einigermassen Aufschluss.

Versuch γ. Einem unversehrten Laubfrosche werden die rechten Ischiadicuswurzeln durchschnitten, beinahe augenblicklich wird die gelähmte Extremität dunkler, während die andre hell bleibt.

Das Thier wird jetzt ins Dunkle gesetzt und der gelähmte Schenkel bleibt dunkler, als der übrige Körper, wenn auch der Unterschied weniger gross ist, als nach der Durchschneidung und zwar dadurch, dass auch der übrige Körper im Finstern dunkler wird, ebenso wie auch die gelähmte Extremität.

Im Hellen wird das gelähmte Bein wieder heller und im Finstern dunkelt sie wieder nach.

Dieser Versuch zeigt uns, dass auch in der Haut selbst Vorrichtungen gegeben sind, wodurch sich der Farbenwechsel in ihr selbst abspielen kann. Der Weg des Reflexes wurde durch die Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln eliminirt und doch reagirte die gelähmte Haut ebenso wie die nicht gelähmte auf Lichtreiz mit Hellerwerden, in der Dunkelheit nimmt sie einen dunkleren Farbenton an. —

Um den Einfluss der Wärme näher kennen zu lernen wurden folgende Versuche angestellt:

Versuch *a*. Von sechs dunklen Wasserfröschen wurden drei, welche relativ am hellsten waren, in Eis gepackt und in einen dunklen Raum gesetzt; die drei andern werden ebenfalls ins Dunkle gebracht aber in einem Behälter gefüllt mit Wasser von Zimmertemperatur. Nach vier Stunden sind die drei in Eis gepackten dunkler als die drei andern.

Versuch *b*. Drei Wasserfrösche werden in Eis gepackt und diffusem Tageslichte ausgesetzt; drei andere von ungefähr demselben Colorit in Wasser von 16° ebenfalls dem Lichte ausgesetzt.

Das Eis wird so oft wie nöthig erneuert während zweier Tage. Nach dieser Zeit sind die in Eis gepackten dunkler geworden, während die drei anderen heller erschienen.

Aus diesen Versuchen erhellt, dass die Temperatur einen Farbenunterschied hervorzurufen im Stande ist, indem nicht nur eine erniedrigte Temperatur die Haut-

farbe dunkler machte, sondern dass selbst (Vers. *b*) eine Temperatur von 0° C. den Einfluss des Lichtes theilweise zu paralysiren vermag. Brücke giebt an, dass beim Chamaeleon die Temperatur gar keinen Einfluss habe, indem ein Chamaeleon in einem dunklen Raume von 33,5° C. ebenso schnell erblasse, wie in einem von 16° C. Milne-Edwards beobachtete das Gegentheil. Beim Frosche spielt die Temperatur jedenfalls eine Rolle und die dunkle Farbe unserer Winterfrösche ist unter Andern sowohl durch Dunkelheit als auch durch erniedrigte Temperatur bedingt.

Kommen wir jetzt zu der Frage, inwiefern das centrale Nervensystem selbst an diesem Farbenwechsel betheiligt ist, so muss zunächst erörtert werden: Welcher ist der Effect der einfachen Durchschneidung eines gemischten Nervenstammes in Bezug auf die Hautfarbe und welcher ist der Effect seiner Reizung?

Versuch 1. Einem hellgrünen Laubfrosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten; beinahe augenblicklich wird die Haut der gelähmten Extremität dunkler, während die andere Extremität ihre hellgrüne Farbe behält.

Dasselbe Resultat erhält man, wenn man die zur Rückenhaut gehenden Nerven auf einer Seite mit Schielhäkchen und Scheere trennt, nachdem zuvor die Rückenhaut genau in der Mittellinie gespalten ist; auch dann werden die gelähmten Hautbezirke dunkler.

Bei einem Wasserfrosche dauert es einige Stunden lang, bis das Dunklerwerden deutlich ist.

Versuch 2. Einem dunkelgrünen Wasserfrosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten und dieselben peripherisch durch einen mässig starken Inductionsstrom gereizt: nach einigen Minuten nimmt die gelähmte Haut einen Stich ins Gelbliche an und nach zehn Minuten ist an ihm kein Grün mehr zu sehen; sie ist ganz gelb geworden. Auch die dunklen Pigmentflecke blassen Etwas ab und man sieht, dass die gelähmte Haut während der Reizung stark schwitzt, glänzend wird und runzelt. Das nicht gelähmte Bein behält seine Farbe. Wird die Wade des gelähmten Beines direkt gereizt, so wird sie ebenfalls heller.

Versuch 3. Wurde Versuch 2 so modificirt, dass einem Frosche beide Beide amputirt wurden, so sah man, als

der Ischiadicus eines Beines gereizt wurde, dieses Bein ebenfalls gelb werden, während das andere abgeschnittene zunächst dunkel blieb und erst innerhalb vier bis sechs Stunden allmählich sich aufhellte.

Versuch 4. Wurden bei einem Frosche nach Spaltung der Rückenhaut in der Medianlinie die Rückennerven dicht am Ursprunge durchschnitten und elektrisch gereizt, so wurde die Hautfarbe der gelähmten Seite heller, besonders in der Insertionsgegend dieser Nerven in der Haut.

Versuch 5. Bei Reizung mit dem constanten Strome sieht man die gelähmte Haut ebenfalls heller werden; jedoch ist die Farbendifferenz nicht so gross als bei Reizung mit dem Inductionsstrom.

Diese Versuche beweisen, dass einfache Durchschneidung eines Nerven zur Folge hat, dass die von ihm innervirten Hautbezirke dunkler werden, ferner, dass bei elektrischer Reizung des peripherischen Endes dieselben heller werden, während die nicht gelähmten ihre Farbe behalten. Zwar wird auch das abgeschnittene, nicht gereizte Bein heller, aber dies findet erst nach langer Zeit Statt und steigert sich bis zur eingetretenen Fäulniss.

Da das durch Reizung heller werdende Bein schwitzt so könnte man die Frage aufwerfen, ob dies Hellerwerden vielleicht nicht ein durch Nerveneinfluss bedingter Effect sei, sondern ob gerade der ätzende Schweiss, womit sich die Haut während der Reizung bedeckt, die Pigmentzellen direkt reize und so den Farbenunterschied hervorruft. Um dies feststellen zu können, wurde folgender Versuch gemacht:

Versuch 6. Es wurden zwei dunkle Frösche A und B genommen; Hirn und Rückenmark bei Frosch A zerstört, die Ischiadicuswurzeln einer Seite bei Frosch B durchnitten und peripherisch gereizt; der Schweiss von dem heller werdenden Bein wird von Zeit zu Zeit mit einem reinen Pinsel auf das rechte Bein von Frosch A gestrichen: Ein Farbenunterschied zwischen den Beinen von Frosch A trat weder jetzt noch später ein; der Schweiss reagirt neutral. So oft dieser Versuch wiederholt wurde, immer geschah es mit demselben negativen Resultate. —

Es konnte also nicht ein durch ätzenden Schweiss ver-

mittelter Reiz sein, welcher den Farbenwechsel hervorruft, sondern dieser muss nothwendiger Weise durch direkte Nervenreizung entstehen, indem er nicht nur bei bestehender Blutbewegung, sondern auch dann eintritt, wenn dieselbe ganz aufgehoben war durch Amputation der Beine.

Wurde statt des Ischiadicus die Wade einer gelähmten Extremität direkt gereizt, so bewies ihr Hellerwerden, dass ein direkt treffender Reiz denselben Erfolg hat als Reizung des ihr ihre Nerven zuführenden Nervenstammes.

Versuch 7. Einem dunkelfarbigen Frosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten und der Nerv bis zum Unterschenkel frei gelegt; hierauf wird der ganze Nervenstamm von seinen Wurzeln an ganz allmählich mit zwei Pincetten abgequetscht und nach wenigen Minuten ist die so gereizte Extremität heller, als die nicht gelähmte.

Denselben Erfolg hat man, wenn der Nerve statt der Abquetschung so oft wie möglich von oben an durchschnitten wird.

Ebenso sieht man, wenn die Rückennerven einer Seite nach Spaltung der Haut allmählich abgequetscht werden, dass die betreffende Hälfte der Rückenhaut heller wird.

Versuch 8. Ein Frosch wird in der Mitte quer durchschnitten, die Ischiadicuswurzeln beider Seiten frei gelegt; die der rechten Seite unter die Rückenhaut geschoben, die der linken so in eine concentrirte Kochsalzlösung gelegt, dass dadurch nur die linken Ischiadicuswurzeln benetzt werden. Schon nach wenigen Minuten ist das linke Bein bedeutend heller als das rechte. Nach einer Stunde ist der Farbenunterschied aufgehoben.

Wir sehen aus diesen Versuchen, dass gelähmte Hautbezirke nicht allein bei elektrischer Reizung des Nerven heller werden, sondern dass sowohl eine mechanische Reizung, wie sie Versuch 7 durch allmähliche Abquetschung oder Durchschneidung erreicht wurde, als auch eine chemische Reizung des Nerven vermittelst einer concentrirten Kochsalzlösung ein Hellerwerden der betreffenden Haut bewirken.

Da diese Thatsachen zur Genüge beweisend sind für den Einfluss der Nerven auf den Farbenwechsel, so hat man weiter zu verfolgen, inwiefern das centrale Nervensystem Antheil

an dem Farbenwechsel hat und ob derselbe auch auf reflektorischem Wege hervorgerufen werden kann.

Versuch 9. Durchschneidet man die Ischiadicuswurzeln einer Seite, so wird das gelähmte Bein dunkler als das intacte. Reizt man jetzt während fünf Minuten das Rückenmark des Frosches elektrisch, so sieht man das ganze Thier heller werden und schwitzèn, während die gelähmte Extremität noch dunkler erscheint, wie vor der Reizung und trocken bleibt.

Versuch 10. Einem Frosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten, hierauf das Rückenmark in der Höhe der obern Extremitäten blossgelegt und der untere Theil desselben ausgebohrt.

Während das Thier bald wieder zu sich kommt und Respiration und Blutbewegung unbehindert von Statten gehen, sieht man die untere Körperhälfte dunkler werden, während die obere unverändert bleibt und heller erscheint. Die vor der Ausbohrung des Markes gelähmte Extremität erscheint noch Etwas dunkler, als die andre.

Versuch 11. Wird nach Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln einer Seite das Rückenmark in der Höhe der obern Extremitäten nur einfach durchschnitten, so tritt ein Farbenunterschied der untern und obern Körperhälften nicht ein, wie im vorigen Versuche. Die gelähmte Extremität ist dunkler, als die intacte.

Versuch 12. Einem Frosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten und hierauf das centrale Ende derselben zehn Minuten lang mit dem Inductionsstrom gereizt. Das gelähmte Bein ist dunkler geworden und bleibt trocken, während der ganze übrige Körper bedeutend heller wird und schwitzt.

Diese Versuche beweisen, dass das centrale Nervensystem die Hautfarbe beeinflusst. Wurde nämlich nach Durchschneidung eines Nervenstammes das Rückenmark gereizt, so konnte diese Reizung auf diejenigen Hautbezirke, deren Verbindung mit dem Centrum aufgehoben war, keine Farbenveränderung mehr hervorrufen; die gelähmte Haut war dunkler geworden, während die nicht gelähmte Haut in ihrem ganzen Umfange durch den elektrischen Reiz bedeutend heller wurde; hierdurch trat der Farbenunterschied in den gelähmten und intakten Hautbezirken viel stärker hervor, als dies bei einer einfachen Durchschneidung der Fall gewesen wäre.

Wurde nach Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln einer Seite der untere Theil des Rückenmarkes langsam ausgebohrt, so gab dies einen geringen Reiz ab für den untern Körpertheil; denn die gelähmte Extremität erschien dadurch noch dunkler als vor der Ausbohrung. Nachdem dieselbe aber stattgefunden, befand sich die untere Körperhälfte unter denselben Verhältnissen, als das Bein, dessen Ischiadicus durchschnitten war und wir sehen, dass die ganze untere Körperhälfte vergleichsweise viel dunkler ist, als die obere, auf welche das Rückenmark seinen normalen Einfluss ausüben kann.

Bei einfacher Durchschneidung des Rückenmarkes bleibt der Farbenunterschied zwischen unterer und oberer Körperhälfte aus, weil der abgetrennte untere Theil des Rückenmarkes selbstständig in ähnlicher Weise durch Vermittlung der austretenden Nerven die Pigmentzellen beeinflusst, wie zuvor das unversehrte Rückenmark.

Versuch 12 zeigt uns, indem Reizung der centralen Ischiadicuswurzeln den ganzen Körper mit Ausnahme des gelähmten Beines heller machte, dass auch auf dem Wege des Reflexes der Farbenwechsel beeinflusst werden kann. Das Zustandekommen von Reflexen lehrt aber, dass im Rückenmarke das Centrum für den Farbewechsel liegt; ferner ist dies Centrum nicht an einen bestimmten Theil des Rückenmarkes gebunden, sondern es erstreckt sich durch die ganze Länge desselben, weil ein peripherischer Reiz die gesammte Hautfarbe ändert und eine einfache Durchschneidung des Rückenmarkes in beliebiger Höhe gar keine Veränderung der Hautfarbe in der untern und obern Körperhälfte hervorruft.

Nachdem nun festgestellt war, dass das Centrum für den Farbenwechsel im Rückenmarke liegt, so lag es nahe den Einfluss des wichtigsten Rückenmarkgiftes, nämlich des Strychnins näher zu verfolgen.

Versuch 13. Einem Frosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten und nach einer halben Stunde zwei bis drei Tropfen einer 0,5% Strychninlösung unter die

Bauchhaut gespritzt. Schon nach wenigen Minuten, noch vor dem Eintritt der eigentlichen Reflexkrämpfe tritt die dunkle Farbe der gelähmten Extremität so stark hervor, wie es nie nach einfacher Durchschneidung des Ischiadicus geschah; je stärker jedoch die Streckkrämpfe wurden, desto mehr glich sich der Farbenunterschied aus, indem auch das gelähmte Bein einen helleren Farbenton annahm.

Am folgenden Morgen wird derselbe Frosch abermals vorgenommen; er ist etwas dunkler geworden, das gelähmte Bein ist etwas dunkler als das intakte. Nach einer neuen Injection sieht man denselben Erfolg auftreten wie nach der ersten Vergiftung.

Versuch 14. Schneidet man nach Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln einer Seite das Rückenmark in der Höhe der obern Extremitäten durch, so sieht man nach Injection der Strychninlösung dasselbe Resultat, wie im vorigen Versuche, wo das Rückenmark nicht durchschnitten wurde.

Aus diesen Versuchen erhellt, dass die Centren des Farbenwechsels im Rückenmarke durch Strychnin ebenso beeinflusst werden, wie die motorischen Centren in demselben, ferner dass der Haupteffekt der Reizung zusammenfällt mit dem ersten Stadium der Strychnineinwirkung, d. h. vor dem Eintritt der eigentlichen Reflexkrämpfe. Alsdann werden nämlich alle nicht gelähmten Hautbezirke heller und hierdurch erscheint das gelähmte Bein bedeutend dunkler.

Dass dieser dunkle Farbenton während der Krämpfe in einen helleren übergeht, kann man nur so erklären, dass das Strychnin durch Diffusion auch einen direkten Reiz auf die Haut ausübt.

Nach der Elimination des Giftes aus dem Körper sieht man wieder das gewöhnliche Verhalten eintreten: die ganze Haut dunkelt wieder nach, ebenso die während der Streckkrämpfe heller gewordenen gelähmten Bezirke, welche allmählich mit dem Aufhören der Intoxication ihre Farbe gegen das gewöhnliche Lähmungscolorit vertauschen.

Bis jetzt haben wir die Frage unberührt gelassen ob es ausser dem Einflusse der Nerven noch andere Faktoren giebt,

welche die Hautfarbe beeinflussen. Zunächst bleibt es uns übrig die Einwirkung der Blutbewegung und die des Blutgehaltes näher zu erörtern.

Schon aus Versuch 3 sahen wir, dass die elektrische Reizung eines abgeschnittenen Schenkels ebenso ein Hellerwerden desselben zur Folge hat, gerade als ob der Ichiadicus gereizt würde bei fortbestehender Blutbewegung und wir können hieraus schliessen, dass der wesentlichste Faktor für den Farbenwechsel nicht in der Bewegung des Blutes zu suchen sei.

Inwiefern die letztere einen Einfluss darauf ausübt geht aus folgenden Versuchen hervor:

Versuch 15. Einem Frosche werden die Ischiadicuswurzeln einer Seite durchschnitten, hierauf wird um die beiden Aorten zeitweise eine Ligatur gelegt und der durchschnittene Nerve mit dem Inductionsstrome peripherisch gereizt: Das gelähmte Bein wird heller. Jetzt wird die Ligatur entfernt und das Thier sich selbst überlassen: nach zwölf Stunden ist der Farbenunterschied in sofern verändert, als das gelähmte Bein etwas dunkler ist, als das intakte. Bei microscopischer Untersuchung der Schwimmhaut sieht man, dass die Circulation in derselben wieder hergestellt ist.

Versuch 16. Ein Frosch, dessen linke Ischiadicuswurzeln einige Tage zuvor durchschnitten waren, wird abermals vorgenommen; die gelähmte Extremität ist kaum merklich dunkler, als die intakte. Wird dem Thiere jetzt das Herz ausgeschnitten, so wird bei der Verblutung der Farbenunterschied viel eclatanter, indem der ganze Körper mit Ausnahme des gelähmten Beines heller wird.

Versuch 17. Einem Frosche wird ein Bein abgeschnitten, hierauf wird das Herz ausgeschnitten, das verblutende Thier wird bedeutend heller, während das amputirte Bein vorläufig dunkel bleibt.

Versuch 18. Nach Zerstörung von Hirn und Rückenmark wird ein Bein amputirt und hierauf dem Thiere das Herz ausgeschnitten, der Farbenunterschied zwischen dem amputirten Bein und dem übrigen Körper bleibt aus.

Versuch 19. Wurden Versuch 10 und 11 so modificirt, dass nach Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln einer Seite und Durchschneidung des Markes in der Höhe der obern Extremitäten resp. Ausbohrung des untern Theiles desselben,

das Herz ausgeschnitten wurde, so sah man bei einfacher Durchschneidung des Rückenmarkes keine Farbendifferenz der untern und obern Körperhälften auftreten; wohl schien aber wie in Versuch 16 das gelähmte Bein bedeutend dunkler. Bei Ausbohrung des untern Theiles des Rückenmarkes dagegen ist schon in wenigen Minuten der Farbenunterschied der untern und obern Körperhälften viel stärker, indem der obere bedeutend heller wird.

In Versuch 15 wurde die Blutbewegung zeitweise aufgehoben und dennoch wird bei Reizung eines Ischiadicus das betreffende Bein heller. Sobald jedoch die Circulation wieder freigegeben wird, gleicht sich allmählich der Farbenunterschied aus. Dass dies unter dem Einflusse der Blutbewegung stattfindet, erhellt daraus, dass der Farbenunterschied bestehen bleibt, wenn durch Ausschneidung des Herzens die Blutbewegung für immer aufgehoben wurde.

Der Versuch 15 zeigt uns also, dass durch Nerveneinfluss allein, auch ohne Betheiligung der Circulation ein Farbenunterschied eintreten kann, zugleich aber, dass die Blutbewegung ihrerseits dazu im Stande ist, die durch Nervenreizung verursachte hellere Färbung, wenn auch langsam verschwinden zu machen.

Wird nach Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln einer Seite das Herz ausgeschnitten, so werden alle nicht gelähmten Hautbezirke heller, während die gelähmten ihre Farbe behalten, weil eben das Rückenmark seinen Einfluss auf die gelähmte Haut nicht mehr ausüben kann.

Die Ausschneidung des Herzens oder vielmehr die Verblutung des Thieres ist hier die Ursache des Hellerwerdens der nicht gelähmten Hautbezirke und wir sehen also, dass auch beim Frosche die Verblutung einen Reiz für das ganze Rückenmark abgiebt und nicht allein für die Medulla oblongata.

Dass auch ohne Mitwirkung der Medulla oblongata durch den Reiz der Verblutung ein Farbenwechsel eintreten kann erhellt besonders aus dem Versuch 19.

Hier ist das Rückenmark in der Höhe der oberen Extremitäten durchschnitten und bei jetzt stattfindender Verblutung

wird zwar das ganze Thier heller, ein Farbenunterschied zwischen der unteren und oberen Körperhälfte tritt jedoch nicht ein; die Verblutung wirkt hier also als Reiz gleichmässig auf das ganze Rückenmark ein und es ist leicht erklärlich, dass der Verblutungsreiz, wenn der untere Theil des Rückenmarkes ausgebohrt wurde, nur die obere Körperhälfte aufzuhellen vermochte.

Das Hellerwerden der Hautfarbe ist hier durch eine Reizung des Rückenmarkes bedingt und hängt nicht von der örtlichen Aufhebung der Circulation in der Haut ab, denn diese letztere ist zwar im Stande, durch örtliche Reizung die Haut heller zu machen, allein sie giebt, wie Versuche 17 und 18 zeigen, einen bedeutend schwächeren Reiz ab, als die Verblutung bei bestehendem Centralnervensystem.

Wurde nämlich das Herz nach Amputation eines Beines ausgeschnitten, so blieb das Bein dunkel, während der übrige Körper hell wurde. Nach Zerstörung von Gehirn und Rückenmark blieb dagegen jeder Farbenunterschied aus, wenn nach der Ausschneidung des Herzens ein Bein amputirt wurde.

Versuch 20. Einem dunkelfarbigen Frosche werden die beiden Aorten auf einem Klötzchen temporär unterbunden; hierauf wird ein Bein in Wasser von $35^0 - 40^0$ C. ungefähr zehn Minuten lang gehalten. Nach Abkühlung des Thieres wird der Kreislauf wieder freigegeben, und das Thier weiter beobachtet: Das betreffende Bein ist heller geworden als das andere, ferner ist es mässig steif. Allmählich dunkelt jedoch das Bein nach und ist nach 8 Stunden selbst etwas dunkler geworden, als das nicht erwärmte. —

Durch den Wärmereiz war in dem betreffenden Schenkel die Hautfarbe heller geworden; die Circulation war aufgehoben, das centrale Nervensystem jedoch intact und dem gewöhnlichen Verhalten entgegen schien es, als ob der peripherische Reiz nicht auf die andern Hautpartien reflectorisch übertragen würde. Eine Temperatur von $35 - 40^0$ C. ist aber für poikilotherme Thiere ein sehr starker Reiz, welcher schon das Myosin zur Gerinnung bringt. Dieser Reiz ist viel stärker, als der electrische, welcher örtlich applicirt zwar Veränderung hervorruft,

aber eine scheinbar viel geringere, weil auf reflectorischem Wege auch der übrige Körper heller wird. Die Wärme dagegen als viel intensiverer Reiz, hat örtlich auch einen viel stärkeren Effect.

Die freigegebene Circulation des Blutes ist im Stande, die hellere Farbe gegen das frühere Colorit umzuwandeln.

Inwiefern der Blutgehalt einen Einfluss auf die Hautfarbe ausübt, zeigt folgender

Versuch 21. Um den einen Schenkel eines Frosches werden zwei Ligaturen gelegt und derselbe zwischen den Ligaturen durchschnitten. Der andere Schenkel wird einfach amputirt. Beide Schenkel werden darauf an den Schwimmhäuten aufgehängt.

Nach einer halben Stunde ist der zwischen den Ligaturen durchschnittene Schenkel dunkler als der andere.

Das eine Bein enthält das normale Blutquantum, während das zweite sehr viel Blut verloren hat. Die Farbendifferenz der beiden zeigt, dass das Blutquantum ebenfalls die Farbe beeinflusst, insofern das eine Bein bei einem grösseren Blutgehalte dunkel geblieben ist, während die blutleere Extremität sich aufhellt.

Aber auch die Qualität des Blutes übt einen gewissen Einfluss auf die Hautfarbe des Frosches aus.

Salzfrösche haben bekanntlich eine hellere Hautfarbe als sie früher im normalen Zustande hatten.

Ferner fand Herr Prof. Dr. Goltz zweimal unter seinem Froschvorrath Thiere mit citronengelber Hautfarbe, welche sich sehr träge bewegten; bei näherer Untersuchung ergab sich, dass in ihrem hellrosafarbigem Blute die weissen Blutkörperchen stark vermehrt und ihre Leber und Milz stark vergrössert waren, also typische Formen von leukämischen Fröschen.

Wir haben jetzt noch die Frage zu beantworten, welche Veränderungen die Pigmentzellen bei microscopischer Untersuchung während des Farbenwechsels eingehen. Die Leiche eines todten Wasserfrosches ist bekanntlich meistens hellgelb und wir können, wenn wir

einem dunkelgrünen Laubfrosche ein Hautstück excidiren, dieses beinahe augenblicklich eine hellgelbe Färbung annehmen sehen.

Untersucht man solch ein ausgeschnittenes Hautstück, so findet man in der Cutis drei verschiedene Arten von Pigment:

1. schwarzes Pigment in Zellen aufgehäuft;
2. dunkelbraunes Pigment, frei im Gewebe zerstreut;
3. helles Pigment in Zellen mit grobgranulärem Inhalte.

α. An der lateralen Fläche sind diese Zellen in spärlicher Anzahl vorhanden; sie sind mit strahligen Fortsätzen versehen, welche mit einander anastomosiren; in manchen derselben ist ein Kern deutlich zu erkennen; die Farbe des Pigmentes ist hellchromgelb.

β. An der Vorderfläche des Schenkels sind die Zellen in grosser Anzahl so gruppirt, dass sie den Ausführungsgang einer Hautdrüse einschliessen. Sie haben die gewöhnliche grauweisse Farbe der Epithelzellen und in diesen Zellen ist circumscript das orangenfarbene Pigment aufgehäuft, während der Rest der Zelle grauweiss erscheint.

Da an diesen Stellen sich keine Drüsenzellen vorfinden und die Form dieser Zellen lebhaft an diejenige der Drüsenzellen erinnert, so ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Pigmentzellen Nichts anderes sind, als Hautdrüsenepithelzellen.

Beim gewöhnlichen Wasserfrosche erscheinen die dunkeln Pigmentzellen dem Beobachter bald als schwarze Zellen mit unregelmässig runder oder eckiger Form im zusammengeballten Zustande oder als dunkelbräunliche Zellen mit vielen strahligen Ausläufern, welche mit den Ausläufern benachbarter Zellen anastomosiren können.

Es fragt sich nun, welcher der active und welcher der passive Zustand dieser Zellen ist, ob der zusammengeballte oder wenn sie mit strahligen Ausläufern versehen sind.

Untersucht man die Haut einer gelben Froschleiche, worin man den passiven Zustand der Pigmentzellen vermuthen möchte, so sieht man zwar dass der macroscopische und microscopische Befund im Grossen und Ganzen übereinstimmen, indem sich die meisten Zellen im zusammengeballten Zustande befinden;

stellenweise jedoch sieht man eine grosse Anzahl von Zellen im strahligen Zustande, wieder an andern Stellen findet man Zellen, welche die Mitte zwischen beiden halten.

Die Ansicht, dass die Pigmentgranula in den Zellen sich als solche nach dem Centrum der Zelle zurückziehen oder selbst zurückschnellen, wie Harless, Lister und Virchow es beobachtet haben wollen, ist gegenwärtig ganz verlassen. Man ist darüber zur Klarheit gekommen, dass die Fortsätze, welche Nichts Andres sind als Theile des Zellenprotoplasmas, worin die Pigmentgranula suspendirt sind, bei der Zusammenballung eingezogen werden.

Versuch α. Die Schwimmhaut eines Wasserfrosches wurde beobachtet vor Durchschneidung des nervus ischiadicus, nach derselben und während der electrischen Reizung seines peripherischen Endes. In keinem Falle konnte deutlich gezeigt werden, dass die Pigmentzellen in derselben sich bedeutend verändert hätten.

Versuch β. Wurde ein abgeschnittenes Bein eines dunklen Wasserfrosches ganz allmählich in einem Wasserbade bis auf 35° C. erwärmt, so sah man bei microscopischer Untersuchung, dass sich ein grosser Theil der Pigmentzellen im zusammengeballten Zustande befand: ein wenn auch geringerer Theil hatte seine strahligen Ausläufer beibehalten.

Die Frage, welcher der Ruhezustand und welcher der Reizungszustand der Pigmentzellen ist, ist nach Allem Diesem eine recht schwierige, besonders weil man in der in Fäulniss übergehenden Haut den zusammengeballten wie den strahligen, wenn auch den letzteren in geringerem Grade vorfindet.

Versuch α. widerspricht geradezu einem Befund Listers, welcher während der electrischen Reizung des Ischiadicus ein Verschwinden der Fortsätze, respective Zurückziehen des Pigmentes aus denselben beobachtete.

Eine bestimmte Erklärung dieses inconstanten Verhaltens dürfte noch nicht gegeben werden können.

Vielleicht konnte man annehmen, dass bei eingetretenem Tode gewisse Gewebsveränderungen in der Haut zu Stande kommen, oder vielmehr Gestaltveränderungen der Gewebselemente,

welche zur Folge haben, dass die strahligen Fortsätze sich nicht ganz zurückziehen können, sondern auf der Mitte des Weges stehen bleiben.

Fassen wir jetzt die Resultate der verschiedenen Versuche in Betreff des Einflusses der Nerven auf den Farbenwechsel zusammen, so ersehen wir daraus, dass

in der Haut Vorrichtungen getroffen sind, wodurch sich einerseits der Farbenwechsel in derselben ohne centralen Einfluss abspielen kann.

Besonders beweisend hierfür war der Versuch, wo bei Durchschneidung der Ischiadicuswurzeln einer Seite bei einem Laubfrosche die gelähmte dunklere Extremität im Finstern noch dunkler und im hellen Tageslichte wieder heller wurde; dasselbe Resultat trat ein nach Exstirpation beider Bulbi, ferner war durch die Durchschneidung des Ischiadicus der Zusammenhang mit dem centralen Nervensystem aufgehoben.

Durch die Versuche der Nervendurchschneidung und Reizung des peripherischen Endes durch electrische, mechanische und chemische Reize erhellte, dass

der Farbenwechsel andrerseits vom centralen Nervensystem beeinflusst wird; die Durchschneidung des Rückenmarks und die Reizung desselben vermittelst der Electricität, der Verblutung des Thieres und des Strychnins bewiesen dies auf's Deutlichste.

Ferner sahen wir, dass

auf reflectorischem Wege Farbenveränderungen in der Froschhaut eintreten können,

indem Reizung des centralen Endes der durchschnittenen Ischiadicuswurzeln ein Hellerwerden aller nicht gelähmten Hautbezirke bewirkte, wodurch die gelähmte Extremität noch dunkler erschien, als sie zuvor war.

Das Centrum für den Farbenwechsel er-

streckt sich durch die Medulla oblongata und die ganze Länge des Rückenmarkes. Die Verblutung giebt einen Reiz für das ganze Rückenmark ab und nicht allein für die Medulla oblongata, weil dadurch die gesammte nicht gelähmte Haut heller wird.

Merkwürdiger Weise lehren die verschiedenen Versuche, dass der Farbenwechsel in der Froschhaut zahlreiche Analogien mit den Veränderungen des Lumens der Gefässe darbietet.

Für den Farbenwechsel giebt es in der Haut selbst eigene Vorrichtungen; vom centralen Nervensystem wird er nur regulirt.